



Flächennutzungsmonitoring X Flächenpolitik – Flächenmanagement – Indikatoren

IÖR Schriften Band 76 · 2018

ISBN: 978-3-944101-76-7

Anwendung von SENTINEL-2- und Stereo-WorldView-3-Daten für die Fortführung des Umweltmonitorings der Landeshauptstadt Potsdam

Annett Frick, Steffen Tervooren

Frick, A.; Tervooren, S. (2018): Anwendung von SENTINEL-2- und Stereo-WorldView-3-Daten für die Fortführung des Umweltmonitorings der Landeshauptstadt Potsdam. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring X. Flächenpolitik – Flächenmanagement – Indikatoren. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 76, S. 171-179.

Anwendung von SENTINEL-2- und Stereo-WorldView-3-Daten für die Fortführung des Umweltmonitorings der Landeshauptstadt Potsdam

Annett Frick, Steffen Tervooren

Zusammenfassung

Von 1992 an wurden für die Landeshauptstadt Potsdam auf Basis von Fernerkundungsdaten alle sechs Jahre Daten zu Realnutzung (Biotopen), Versiegelung und Grünvolumen erfasst. Dabei wurden höchstauflösende Fernerkundungsdaten in Verbindung mit visueller Interpretation und automatisierten Regressionsbaummodellen verwendet, die die Ableitung dieser Parameter mit hoher Genauigkeit sicherstellen. Im Jahr 2016 wurden erstmals multitemporale Sentinel-2- und stereoskopische WorldView-3-Daten einbezogen.

Das Verfahren bietet die Möglichkeit, die städtebauliche Entwicklung detailliert nachzuvollziehen und funktionale Zusammenhänge städtebaulicher Prozesse zu verstehen. Ansprüche an eine wirkungsvolle Klimaanpassung im Sinne der Reduktion von Hitzestress können so besser definiert werden. Die Kontinuität und der hohe Detaillierungsgrad des städtischen Umweltmonitorings sind zudem geeignet, weitere räumliche Analysen zu verifizieren.

1 Einführung

Die Stadt Potsdam verfügt über ein etabliertes Umweltmonitoring, in dessen Rahmen Indikatoren wie Biototyp, Versiegelungsgrad, Grünvolumen und Biotopwert in einem 6-jährigen Zyklus flächendeckend erfasst werden (Tervooren, Frick 2010). Den Auswertungen für die Zeitschnitte 1992, 1998, 2004, 2010 und 2016 liegen höchstauflösende optische Luft- bzw. Satellitenbilder zugrunde. Da sich die räumlichen und spektralen Eigenschaften der Fernerkundungsdaten mit den Jahren stark verändern können, ist die Wahl der Analysemethoden sehr wichtig, um für alle Zeitpunkte vergleichbare Ergebnisse zu erzielen. Aus diesem Grund wurden für die Erhebung des Versiegelungsgrades und des Grünvolumens Regressionsbaummodelle verwendet, die mit einer Vielzahl unterschiedlicher Eingangsparameter umgehen können und auf Basis der einzelnen Biotopflächen zu sehr genauen Ergebnissen führen. Damit liegt für alle Biotopflächen der Stadt Potsdam eine lange Zeitreihe vor (Abb. 1), anhand derer die Flächeninanspruchnahme und wichtige Entwicklungstendenzen evaluiert werden können.

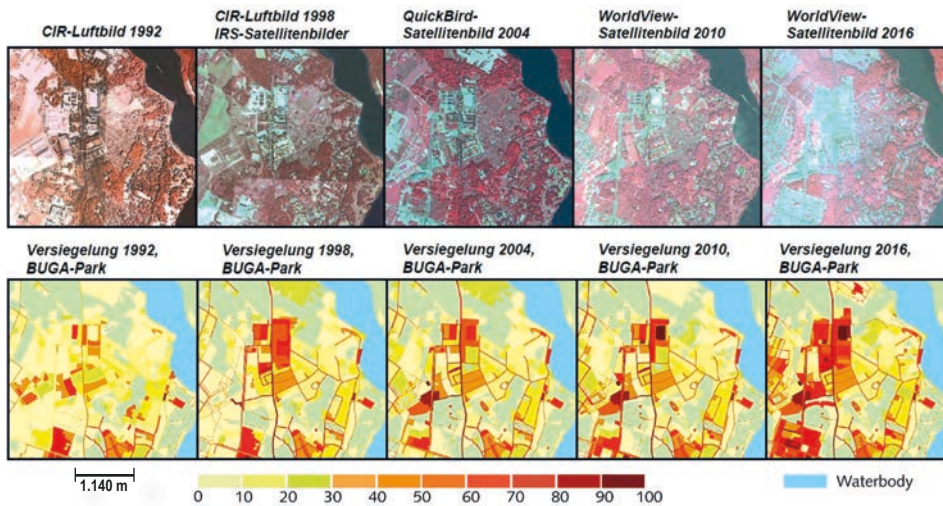


Abb. 1: Zeitreihe des Indikators Versiegelung in einem Teilgebiet von Potsdam – 1992 bis 2016 (Quelle: eigene Bearbeitung)

Stereodaten spielen für das Umweltmonitoring eine wesentliche Rolle, da 3D-Informationen sowohl für die Biotoptypeninterpretation als auch für die Grünvolumenerfassung unerlässlich sind. Weit verbreitet ist die Verwendung von Laserscan-Daten zur Ableitung von digitalen Oberflächenmodellen (DOM). Die zeitlichen Intervalle solcher Befliegungen sind jedoch oft nicht ausreichend, so dass die Ableitung von DOM aus Stereoluftbildern an Bedeutung gewonnen hat. Die Entwicklung von leistungsfähigen flächenbasierten Matching-Algorithmen (u. a. Hirschmüller 2008; Haala, Rothermel 2012) hat diese Tendenz befördert. Auch stereoskopisch aufgenommene höchstauflösende Satellitendaten bieten sich für ein Matching an.

Weitere neue Möglichkeiten eröffnen sich durch das Copernicus-Programm der Europäischen Union. Die Sentinel-Satelliten liefern kostenlose und räumlich hoch aufgelöste Daten in dichter zeitlicher Abfolge, die ein großes Potenzial für das Umweltmonitoring der Landeshauptstadt Potsdam darstellen. Für die Auswertung 2016 kamen zum ersten Mal Sentinel-2-Daten zum Einsatz.

2 Daten und Methoden

Die Herausforderung in der Entwicklung von Prozessen zur Ermittlung der Flächeninanspruchnahme und zum Umweltmonitoring besteht vor allem darin, dass die Fehlerquote der Auswertungen extrem gering sein muss. Die jährliche Änderung der Flächeninanspruchnahme kann einen auf die Gesamtfläche bezogenen prozentual geringen Anteil ausmachen, so dass üblicherweise als „sehr gut“ eingestufte Gesamtgenauigkeiten von

95 % nicht immer ausreichen. Ein multisensoraler Ansatz der Integration von räumlich höchstaflösenden stereoskopischen Luft- oder Satellitenbildern und zeitlich hochaufgelösten Sentinel-2-Daten in Verbindung mit visueller Nachkontrolle ermöglicht es, diese sehr geringen Fehlerquoten auch zu erreichen. Die Kombination von Stereomatching sowie Machine Learning Algorithmen und modellgetriebenen Ansätzen zur automatisierten Klassifikation komplexer Daten (parametrischer und nicht-parametrischer Natur) stellt ein geeignetes Mittel dar, die großen Mengen an Daten und Zusatzinformationen sinnvoll und zeitnah verarbeiten zu können.

2.1 Fernerkundungsdaten

Für die Biotoptypenkartierung, die Versiegelungs- sowie die Grünvolumenerfassung 2016 standen die folgenden Datengrundlagen zur Verfügung: stereoskopische World-View-3-Satellitenbilder vom 01. und 07. September 2016 (0,5 m Bodenauflösung, 8 Spektralkanäle), stereoskopische CIR-Luftbilder der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB) vom Sommer 2015 (0,2 m Bodenauflösung) Sentinel-2-Daten vom April, Mai und August 2016 (Abb. 2) sowie die vorangegangenen Daten des Umweltmonitorings für 1992, 1998, 2004 und 2010. Die Satellitendaten wurden atmosphärisch korrigiert und orthorektifiziert.

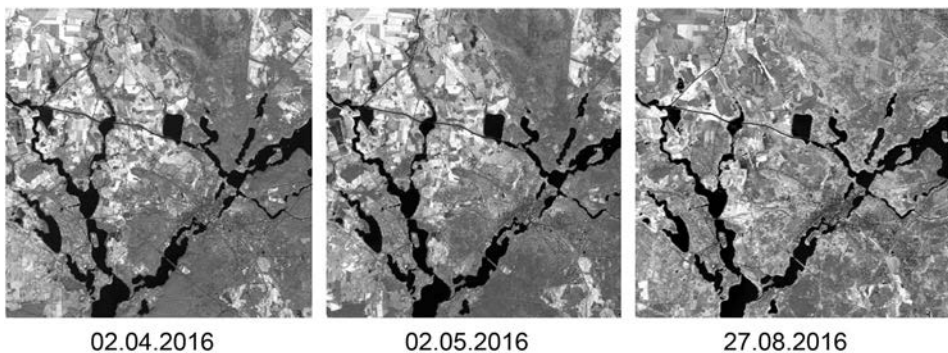


Abb. 2: Multitemporale Sentinel-2-Aufnahmen für das Stadtgebiet Potsdam
(Quelle: eigene Bearbeitung)

2.2 Stereomatching

Digitale Oberflächenmodelle können mittels Stereomatching aus stereoskopisch aufgenommenen Luft- oder Satellitenbildern erzeugt werden. Für das Umweltmonitoring Potsdam kam ein semi-globaler Algorithmus (berechnet mit dem Remote Sensing Package Graz) zum Einsatz. Die Bildqualität ist dabei von großer Bedeutung. Aufgrund von großflächigen Schleierwolken auf den Satellitenbildern von 2016 war das Matching-

Ergebnis stellenweise lückenhaft und unbefriedigend (Abb. 3 links), so dass zusätzlich ein Matching der Stereo-Luftbilder von 2015 erfolgte (Abb. 3 rechts).

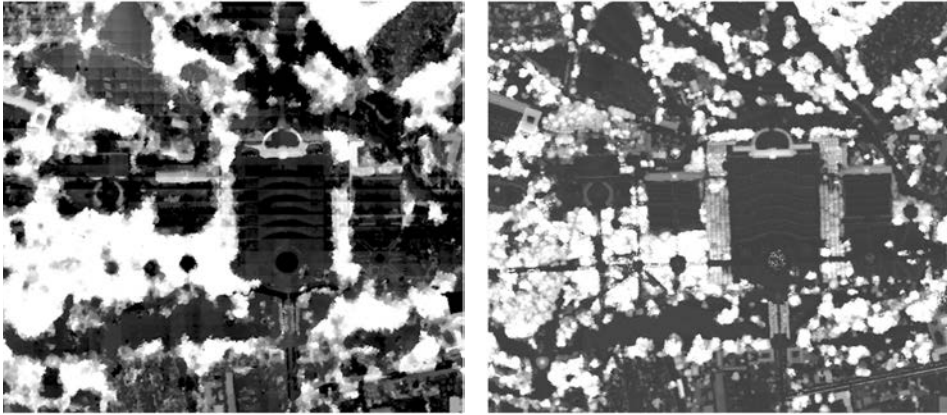


Abb. 3: Detailausschnitt des Schlossparks Sanssouci, links: DOM aus Stereo-WorldView-3-Szenen 2016; rechts: DOM aus Stereo-Luftbildern 2015 (Quelle: eigene Bearbeitung)

2.3 Regressionsbaummodellierung

Für die Modellierung wurde die Software CUBIST (Quinlan 1993) verwendet. Als Parameter gingen Texturen erster und zweiter Ordnung sowie spektrale Indizes ein, die aus den Sentinel- und WorldView-Satellitendaten für alle Biotopflächen (als Blöcke bezeichnet) berechnet wurden (Abb. 4).

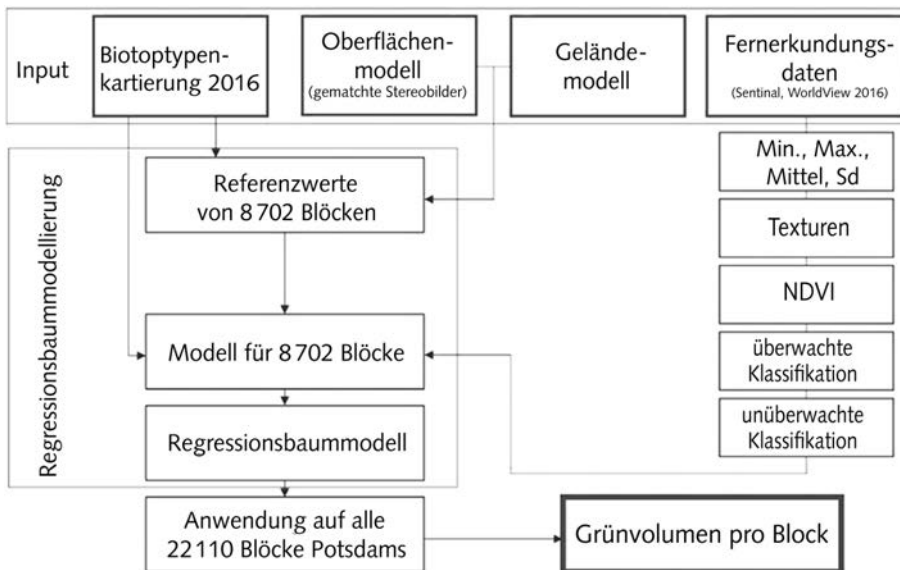


Abb. 4: Workflow der Regressionsbaummodellierung für den Indikator Grünvolumen (Quelle: eigene Bearbeitung)

3 Validierung

Die Regressionsbaummodelle wurden einer 10-fachen Kreuzvalidierung unterzogen. Ein Bestimmtheitsmaß R^2 von 0,99 für beide Indikatoren Grünvolumen und Versiegelung zeugt von einer sehr hohen Genauigkeit (Abb. 5). Es ergab sich eine starke Wichtung der multitemporalen NDVI-Parameter von Sentinel-2 (Vegetationsindex). Die Sentinel-2-Parameter allein erklären 79 % der Varianz der Grünvolumenzahl und 72 % der Varianz der Versiegelung.

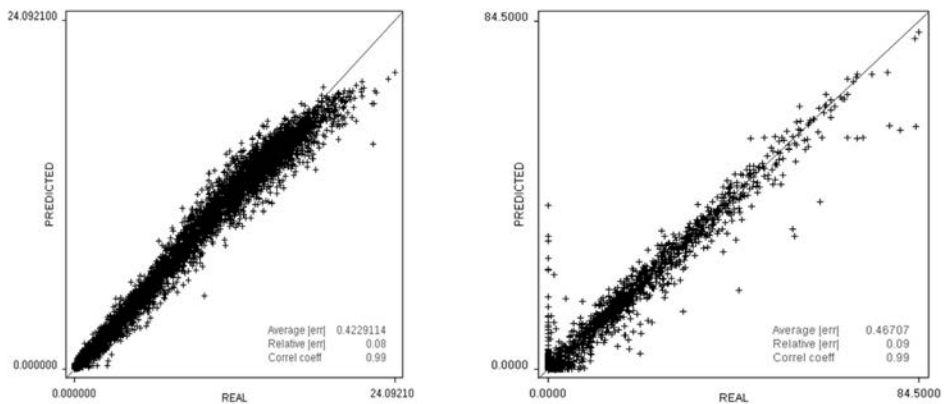


Abb. 5: Ergebnis der 10-fachen Kreuzvalidierung – Korrelation der realen mit den modellierten Werten; links: Grünvolumenzahl, rechts: Versiegelung in % (Quelle: eigene Bearbeitung)

4 Ergebnisse in der Anwendung für Stadtplanung und Klimaschutz

Die Nutzung und Auswertung der Daten erfolgt in zeitlicher und räumlicher Hinsicht, zunächst bezogen auf die jeweiligen Erfassungsjahre (Verteilung) und dann im Jahresvergleich (Verteilung und Entwicklung). In Abbildung 6 ist beispielhaft eine Ansprache bezogen auf die nördliche Innenstadt und daraus ableitbare Entwicklungsmuster des Biotopwertes dargestellt. Der Biotopwert in Anlehnung an Kaule (1991) berücksichtigt insbesondere folgende Parameter: Natürlichkeitsgrad, Entwicklungsdauer, Gefährdung, Seltenheit, Diversität, Isolation/Verbund, Schutzstatus, Bedeutung für den Natur- und Artenschutz, Belastungswirkungen von Flächen für Ökosysteme. Die Vorgaben aus dem Biotopbewertungsschlüssel von Kaule (9-stufige Bewertung von 1 „negativ“ bis 9 „positiv“) schienen auch wegen des großen Bekanntheitsgrades im Naturschutz ideal als Leitlinie zum Aufbau einer eigenen Bewertung.



Abb. 6: Änderung der Biotopwertigkeit in der nördlichen Innenstadt von Potsdam zwischen 1992 und 2016 (grau: Abnahme, grün: Zunahme) (Quelle: eigene Bearbeitung)

Im Folgenden werden Entwicklungen und Ergebnisse der Analyse, bezogen auf die einzelnen Indikatorbereiche, wiedergegeben.

4.1 Biotope

Im Jahr 2016 wurden 16 588 unterschiedliche Biotopflächen auf ca. 188 km² administrativer Stadtfläche kartiert. Baulich geprägte Flächen nehmen anteilig zu. Damit ergeben sich erste Hinweise auf die Dominante aktueller Entwicklungen, die für Potsdam, der zunehmenden Bevölkerungszahl folgend, eine Verdichtung von Siedlungsflächen bedeutet. Die Ausprägung dieser Entwicklung drückt sich am besten durch die folgenden Indikatoren aus.

4.2 Versiegelung

Als Kernindikator, im Sinne eines bundesweit standardmäßig abgeleiteten Indikators für die Siedlungsentwicklung, liefern die Zahlen viele Vergleichsmöglichkeiten auch mit anderen Kommunen. Dabei wird in Potsdam die tatsächliche Versiegelung aus den Fernerkundungsdaten unmittelbar für den jeweiligen Erfassungszeitpunkt flächendeckend ermittelt. Die Werte zeigen eine Zunahme seit 1992 bis 2016 um 3,41 %. Die Entwicklungsdynamik ist hoch zwischen 1992 und 1998, dann abgeschwächt, bis sie von 2010 bis 2016 wieder zunimmt (Abb. 1). Auf Potsdam bezogen wird eine Stärkung kompensierender Faktoren, wie z. B. Grünvolumenzuwachs, wichtig, um die Lebensqualität und die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes positiv zu beeinflussen.

4.3 Grünvolumen

Die Entwicklung des Grünvolumens ist nicht auffällig und zeigt seit 1992 bis 2016 eine leichte Abnahme. Eine deutlichere Abnahme zeichnet sich ab, wenn man die Entwicklung auf die Zahl der Polygone anstelle der Gesamtfläche bezieht. Die Phase der geringeren Dynamik bis 2004 und 2010 (s. u.) erbrachte zwar sogar eine leichte Zunahme der Grünvolumenwerte, die aber zwischen 2010 und 2016 abbricht. Damit wechselt die recht ausgewogene Entwicklung bis 2010 (Versiegelungszuwachs kompensiert) in eine Richtung, bei der dies über das Grünvolumen nicht mehr gelingt. Deutlicher wird das Bild bei den zusammengefassten Zahlen, wenn sie als Durchschnitt auf die Anzahl der Einzelbiotope oder ausschließlich auf baulich geprägte Flächen bezogen werden, womit die großen Waldflächen außerhalb des Siedlungskerns die Mittelwerte nicht so stark beeinflussen (Tab. 1). Eine Kompensation von Verlusten innerhalb des Siedlungsverbundes selbst ist selten.

Tab. 1: Entwicklung Grünvolumenzahl (GVZ) im Stadtgebiet Potsdam 1992-2016
(Quelle: eigene Bearbeitung)

Grünvolumenzahl	GVZ 1992	GVZ 2004	GVZ 2010	GVZ 2016	GVZ 1992-2016
Durchschnitt bezogen auf die Gesamtfläche	5,12	4,98	5,18	5,04	-0,08
Durchschnitt bezogen auf die Anzahl der Flächen	4,87	4,96	5,01	4,60	-0,27
Durchschnitt bezogen auf baulich geprägte Flächen	3,13	2,73	3,17	2,48	-0,65

4.4 Biotopwertigkeit

Mit der Biotopwertigkeit bekommen die oben genannten Indikatoren ein qualitatives Element an die Seite gestellt. Im Dreiklang der Bewertung (Versiegelung, Grünvolumen und Biotopwert) lässt sich die städtische Entwicklung gut abschätzen. Der ab 2010 geringere Einfluss von Grünvolumen spiegelt sich auch beim Vergleich dieser Werte wider.

Die Biotopwerte kompensieren die oben beschriebenen – aus ökologischer Sicht negativen – Entwicklungstendenzen nicht. Waren die Werte bis 2010 noch recht ausgeglichen, mit einer Verschiebung zwischen den mittleren Werten, wird ab 2010 bis 2016 der Verlust von wertvolleren und mittelwertigen Biotopen und eine Zunahme von belastenden Biotopen deutlich (Abb. 7).

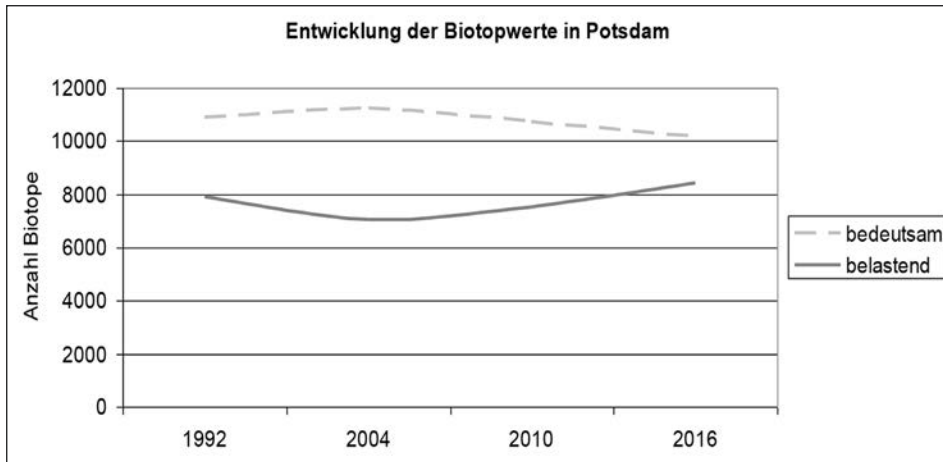


Abb. 7: Entwicklung der Biotopwerte in Potsdam von 1992 bis 2016 in Anlehnung an Kaule (1991) und Tervooren & Frick (2010) (Quelle: eigene Bearbeitung)

4.5 Klimaanpassung unterstützt durch Indikatoren des Umweltmonitorings

Die verfügbaren Geodaten zum Umweltmonitoring seit 1992 wurden genutzt, um Potenziale von Grünvolumen und Entsiegelung zur Klimaanpassung am Beispiel der Landeshauptstadt Potsdam zu ermitteln. Die für Potsdam postulierte Klimaerwärmung von 2,5 °C bis 3,0 °C von 2013 bis 2050 (Gerstengarbe et al. 2014) mit ausgeprägten Hitzeereignissen begründet die Untersuchung der Wirkung der zwei Kernindikatoren für eine Beobachtung städtebaulicher Entwicklung. Sie liefern Hinweise auf der Suche nach Anpassungsmöglichkeiten und als Parameter, die die Reduktion von Gesundheitsstress versprechen: Grünvolumen als Indikator für eine Anpassung „Proindikator“ (Kühlungsmöglichkeit) und Versiegelung als „Kontraindikator“ (Erwärmungsrisiko).

Für den Nachweis wurden auf Basis von Landsat-Daten ermittelte Oberflächentemperaturen den Parametern des Umweltmonitorings gegenübergestellt. Entscheidend ist neben der Entwicklung der Temperaturwerte deren räumliche Verteilung im Stadtgebiet. Damit sind Aussagen möglich, ob und wie weit bestimmte Flächen Funktionen übernehmen können, Hitze in den Innenstadtlagen zu puffern. Folgende Richtwerte sind geeignet, lokale Bedingungen anzusprechen und ein belastbares Monitoring zu ermöglichen:

- 1 m³ zusätzliches Grünvolumen pro m² Fläche bewirkt Temperaturreduktion von ca. 0,3°C.
- 1 % zusätzliche Versiegelung (z. B. 1 m²/100 m²) bewirkt einen Temperaturanstieg um etwa 0,03°C (Tervooren 2015).

5 Fazit

Neben dem Klimabezug bieten regelmäßig erfasste Umweltmonitoringdaten gute Möglichkeiten, die Wirkung kleinteiliger Strukturen bei der Entwicklung von Siedlungsflächen zu analysieren. Die zeitliche Dokumentation der Entwicklung, in Potsdam seit 1992, macht Entwicklungsprozesse verständlicher.

Grünvolumen ist ein zunehmend leicht zu ermittelnder Indikator, der das Potenzial von Grünstrukturen belegt. Die Berechnungsmethodik ließe sich für eine überregionale Nutzung standardisieren. Biotopwerte ergänzen die Analysen und erlauben neben einer quantitativen Ansprache, ausdrücklich eine qualitative Interpretation. Die Möglichkeiten der städtischen Akteure, die negativen Einflüsse durch Bevölkerungszuwachs zu reduzieren, sind begrenzt. Gleichwohl geben die Zahlen des Umweltmonitorings Anlass und Begründung hier stärker Einfluss zu nehmen, wenn die Lebensbedingungen in der Stadt gut bleiben sollen. Die vorgestellten Indikatoren liefern hierfür wertvolle Hinweise, an welchen Stellen und mit welchen Maßnahmen Handlungsspielräume bestehen. Als geeignete Geodaten zur Umsetzung des vorgestellten Monitorings an anderen Orten, sind die jüngst zur Verfügung stehenden Sentinel-2-Daten zu nennen. Sie können europaweit einen wichtigen Beitrag zum Umweltmonitoring von Städten leisten.

6 Literatur

- Gerstengarbe, F.-W.; Werner, P. C.; Krellig, H. (2014): Climate Development in Potsdam between 1761 and 2050. In: Historic Gardens and Climate Change. Leipzig: Edition Leipzig, 54-59.
- Haala, N.; Rothermel, M. (2012): Dense Multi-Stereo Matching for High Quality Digital Elevation Models. In: Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation 2012 (4), 331-343.
- Hirschmüller, H. (2008): Stereo Processing by Semi-Global Matching and Mutual Information, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 30 (2), 328-341.
- Kaule, G. (1991): Arten- und Biotopschutz. 2. Aufl. Stuttgart: Ulmer.
- Quinlan, J. R. (1993): C4.5: Programs for Machine Learning. San Mateo: Morgan Kaufmann Publishers.
- Tervooren, S.; Frick, A. (2010): Bodenversiegelung, Grünvolumen, Biotopwertigkeit – Praktische Erfahrungen des Umweltmonitorings in Potsdam. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring II. Konzepte – Indikatoren – Statistik. IÖR Schriften 52. Berlin: Rhombos: 155-167.
- Tervooren, S. (2015): Potenziale von Grünvolumen und Entsiegelung zur Klimaanpassung am Beispiel der Landeshauptstadt Potsdam. In: AGIT-Journal für angewandte Geoinformatik, Berlin – Offenbach: Wichmann, 258-267.